

ESSAI FACTORIEL NPK 3³ SUR REPLANTATION

PARCELLE R97-8

Mensurations à 9, 13 et 18 mois

**Rosalie SAFOU-MATONDO
Jean-Pierre BOUILLET**

Octobre 1999

THÈME

Composition et doses des fertilisations sur replantation.

OBJECTIFS

Evaluer les effets des différents éléments fertilisants N, P et K ; préciser les interactions éventuelles entre ces éléments et donner des indications sur les doses à apporter et les meilleurs équilibres des formules fertilisantes.

CARACTÉRISTIQUES DE LA PARCELLE D'ORIGINE K79-14

Localisation : station de Kissoko, secteur de Maboumi

Espèce : 12 ABL*saligna, clone 1er choix

Date de plantation : 4/12/79

Ecartement : 5 x 5 m

Densité à l'hectare : 400 p/ha

Superficie de la parcelle : 50 ha

Première exploitation : 19-01 au 7-02-1990

Deuxième exploitation : 10-03 au 02-04-1997

Production inventaire 01-01-1988 → 15.2 m³ /ha/an.

Production inventaire 25-10-1995 → 9.6 m³ /ha/an.

MATÉRIEL VÉGÉTAL

Chaque bloc est représenté par un clone. Le matériel végétal est composé de trois (3) clones d'*Eucalyptus urophylla x grandis* et d'un clone d'*E. PFI* (tableau 1).

Tableau 1 : clone représenté dans chaque bloc

Bloc	Clone
I	1-41
II	18-52
III	18-65
IV	18-69

Les trois clones d'*E. Urophylla x grandis* ont été choisis à cause de leur bonne croissance (clones utilisés par ECO s.a.) et de leur non apparentement. On peut ainsi espérer approcher une réponse moyenne applicable à la population de clones d'*E. urophylla x grandis*. L'*E. PFI*, clone 1-41 est utilisé comme clone témoin, à la fois des hybrides naturels et des performances obtenues sur plantation.

MÉTHODES

- PRÉPARATION DU TERRAIN

Avant la préparation du terrain pour la replantation, une étude botanique des espèces végétales présentes sur le terrain a été faite, de façon à implanter chaque bloc de l'essai dans une zone dont la composition en espèces végétales est homogène. L'identification des espèces présentes est la suivante :

Tableau 2 : Liste des espèces herbacées et ligneuses présentes dans le site de l'essai

Nom scientifique	Famille	Forme	Abondance
1- Afromomum stipulatum	Zingiberaceae	herbe	+
2- Alchornea cordifolia	Euphorbiaceae	arbuste	++
3- Alternanthera (sessilis ?)	Amaranthaceae	herbe	++
4- Anthocleista schweinfurthii	Loganiaceae	arbuste	++
5- Cyperus compressus	Cyperaceae	herbe	+
6- Cyperus sp	Cyperaceae	herbe	+
7- Digitaria horizontalis	Poaceae	herbe	++
8- Elaeis guineensis	Palmaceae	arborescent	++
9- Elionurus brazzae	Poaceae	herbe	+
10- Eriosema erici-rosenii	Fabaceae	herbe	++
11- Indéterminé 1	Annonaceae?	arbuste	+++
12- Indéterminé 2	Rubiaceae	arbuste	+++
13- Loudetia arundinacea	Poaceae	herbe	++
14- Nancea diderichii	Rubiaceae	arbuste	+++
15- Manilkara Welwitschii	Sapotaceae	arbuste	+
16- Mariscus umbellatus	Cyperaceae	herbe	+
17- Oldenlandia corymbosa	Rubiaceae	herbe	++
18- Panicum congense	Poaceae	herbe	+++
19- Pennisetum pedicellatum	Poaceae	herbe	+
20- Premna lucens	Verbanaceae	sarmenteux	+++
21- Ranvolfia sp.	Apocynaceae	arbuste	+
22- Sclerodendron sp.	Verbanaceae	liane	+
23- Tricalysia ?	Rubiaceae	arbuste	++
24- Urena lobata	Malvaceae	arbuste	+
25- Uvaria sp.	Annonaceae	arbuste	+

+ répartition irrégulière
 ++ répartition abondante
 +++ répartition très abondante

Les arbustes ont été coupés et la strate herbacée a été traitée à l'aide du canon 'Calvet' avec 3 litres de Round Up à l'hectare. Un labour croisé a ensuite été effectué sur l'ensemble du terrain.

Le piquetage et la trouaison ont été fait manuellement.

- ENTRETIENS MANUELS ET MÉCANISÉS

Les entretiens ont eu lieu cinq mois après la replantation. Les nouveaux écartements n'ont pas permis le labour croisé sur l'ensemble des interlignes ; un sarclage à la houe a été réalisé sur les autres interlignes et autour des plants sur la ligne de plantation. Après la repousse des herbes, un traitement herbicide a été réalisé avec une solution aqueuse à 10 % de Round Up.

-TRAITEMENTS SANITAIRES

Au cours de cette première année, l'essai a subi deux attaques d'*Helopeltis schoutedeni*. Ces attaques ont été traitées la première fois avec une solution de Karaté (10 ml pour un litre de solution) et la deuxième fois avec une solution de Dursban (225 ml pour un litre de solution). Les deux produits chimiques ont été dilués dans du gas-oil.

Une autre attaque, cette fois-ci cryptogamique, a été aussi observée : elle se caractérise par un dessèchement des arbres sur pieds (die-up). Selon le rapport de J. ROUX après l'expertise menée dans ces plantations (ROUX, 1998), le pathogène principal causant le dessèchement sur pied, la nécrose des racines et la décoloration du bois, se rapproche à la bactérie *Ralstonia solanacearum*, identifiée aussi chez les eucalyptus dans d'autres pays.

- DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le dispositif expérimental est un factoriel 3^3 à 4 répétitions. Chaque bloc a été installé en fonction de l'étude botanique précédemment mentionnée (cf plan en annexe).

Tableau 3 : Caractéristiques des fertilisations apportées

Élément	Source	Doses	Unité fertilisante (UF)
Azote (N)	Ammonitrate à 33,5%	150g	$50,25 \times 10^{-3}$
		75g	$25,12 \times 10^{-3}$
		0	0
Phosphore (P)	Supertriphosphate à 42%	110g	$46,2 \times 10^{-3}$
		55g	$23,1 \times 10^{-3}$
		0	0
Potassium (K)	Sulfate de potasse à 50%	100g	50×10^{-3}
		50g	25×10^{-3}
		0	0

La parcelle élémentaire est de 9 x 9 plants (0,10 ha).

Le plateau interne est de 5 x 5 plants (0,03 ha).

L'écartement est de 3,33 m sur la ligne de plantation et de 3,75 m sur l'interligne : 801 plants/ha.

La superficie totale de l'essai est de 11 ha.

Les regarnis ont eu lieu du 17 au 18 -02-1998

Les dates de plantation et d'apport d'engrais figurent dans le tableau 4.

Tableau 4 : Date de plantation de chaque bloc et date d'apport de l'engrais NPK.

Blocs	Date de plantation	Date d'apport d'engrais
I (1-41)	27/01/1998	23/02/1998
II (18-52)	24/12/1997	19/01/1998
III (18-65)	23/12/1997	20/01/1998
IV (18-69)	23/12/1997	20/01/1998

Tableau 5 Doses d'engrais par élément et par traitement (g/plant) ; unités fertilisantes correspondantes (valeurs arrondies).

N=ammonitrate à 33.5 % ; P= supertriphosphate à 42% et K= sulfate de potasse à 50%.

Traitements	N	P	K	UF (x 10 ⁻³)
T1	0	0	0	0
T2	0	0	50	25
T3	0	0	100	50
T4	0	55	0	23
T5	0	55	50	48
T6	0	55	100	73
T7	0	110	0	46
T8	0	110	50	71
T9	0	110	100	96
T10	75	0	0	25
T11	75	0	50	50
T12	75	0	100	75
T13	75	55	0	48
T14	75	55	50	73
T15	75	55	100	98
T16	75	110	0	71
T17	75	110	50	96
T18	75	110	100	121
T19	150	0	0	50
T20	150	0	50	75
T21	150	0	100	100
T22	150	55	0	73
T23	150	55	50	98
T24	150	55	100	123
T25	150	110	0	96
T26	150	110	50	121
T27	150	110	100	146

-Méthode d'épandage : L'engrais a été épandu à 40-50 cm autour de chaque plant à l'aide de godets.

-Analyse statistique des résultats

L'analyse statistique des données issues des mensurations à 9, 13 et 18 mois a été faite

en utilisant la procédure PROG GLM du logiciel SAS (SAS, 1988). Une analyse de variance globale teste les effets blocs et traitements et une analyse factorielle décompose les effets traitements en effets principaux (N, P et K), les interactions de premier ordre (N*P, N*K et P*K) et de deuxième ordre (N*P*K). Le test de Bonferonni a été utilisé pour classer les blocs et les traitements. Le seuil de signification retenu est de 5%.

Compte tenu du fait que le bloc I a eu une croissance assez difficile après la plantation, due à la mauvaise qualité des plants depuis la pépinière industrielle, les données des mensurations de ce bloc ont été retirées de l'analyse statistique.

RÉSULTATS

- Taux de reprise

Le taux de reprise est bon dans tous les blocs, sauf dans le bloc 1 (clone 1-41), où la mortalité atteint 10 % à cause de la mauvaise qualité des plants à la plantation (tableau 4 ci-dessous).

Tableau 6 : Taux de reprise par bloc

Blocs	Nbre de plants morts	taux de reprise
I (1-41)	217	90.08 %
II (18-52)	17	99.22 %
III (18-65)	11	99.50 %
IV (18-69)	5	99.77 %

Cet essai a été moins attaqué par la punaise *Helopeltis schoutedeni* que l'essai voisin (essai fractionnement des doses de l'engrais NPK). Le nombre de plants desséchés sur pieds (die-up) est aussi moins important (tableau 5) ; il faut cependant souligner la plus grande sensibilité du clone 18-69.

Tableau 7 : Nombre de plants par bloc concernés par l'attaque cryptogamique

Blocs	Nbre de plants desséchés sur pied
I (1-41)	0
II (18-52)	0
III (18-65)	1
IV (18-69)	19

*Analyse globale

Pour toutes les variables étudiées, l'analyse globale met en évidence à chaque mensuration, un effet bloc et un effet traitement significatifs.

Effet bloc

Tableau 8 : Valeurs moyennes des hauteurs et circonférences relevées sur les blocs 2, 3 et 4

H9 (m)	Bloc	H13 (m)	Bloc	H18 (m)	Bloc
3.76	4 (18-69)a	7.46	4 (18-69)a	9.79	4 (18-69)a
2.60	3 (18-65)b	6.05	3 (18-65)b	8.42	2 (18-52)b
2.30	2 (18-52)b	5.96	2 (18-52)b	8.07	3 (18-65)b

C9 (cm)	Bloc	C13 (cm)	Bloc	C18 (cm)	Bloc
9.66	4 (18-69)a	20.27	4 (18-69) a	26.13	4 (18-69)a
6.45	3 (18-65)b	15.96	2 (18-52)b	21.36	2 (18-52)b
6.19	2 (18-52)b	15.70	3 (18-65)b	20.74	3 (18-65)b

Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%

Il apparaît que le clone 18-69 se caractérise sur l'essai par une croissance supérieure. Même s'il n'est pas possible de conclure rigoureusement à sa supériorité dans le jeune âge, (effet bloc et clone confondus), ce résultat est tout de même intéressant quant à l'intérêt de ce clone en plantations industrielles.

Effet traitement : Le classement des différents traitements à 18 mois figure dans les tableaux suivants :

Tableau 9 : Classement des différents traitements par rapport à la hauteur à 18 mois

Trait	H moy. (m)	Trait	H moy. (m)	Trait	H moy. (m)
19 (N2)	10.39a	26 (N2P2K1)	9.19abc	15 (N1P1K2)	8.03abc
20 (N2K1)	10.17a	22 (N2P1)	9.09abc	7 (P2)	7.94abc
27 (N2P2K2)	10.04a	10 (N1)	9.08abc	6 (P1K2)	7.85abc
24 (N2P1K2)	9.99a	3 (K2)	9.01abc	11 (N1K1)	7.84abc
25 (N2P2)	9.94a	16 (N1P2)	8.96abc	1 (T)	7.81abc
23 (N2P1K1)	9.89a	18 (N1P2K2)	8.64abc	2 (K1)	7.67abc
21 (N2K2)	9.81ab	13 (N1P1)	8.34abc	9 (P2K2)	7.42abc
17 (N1P2K1)	9.71abc	8 (P2K1)	8.30abc	5 (P1K1)	6.81bc
12 (N1K2)	9.70abc	14 (N1P1K1)	8.04abc	4 (P1)	6.73c

les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%

Tableau 10 : Classement des différents traitements par rapport à la circonférence à 18 mois

Trait	H moy. (m)	Trait	H moy. (m)	Trait	H moy. (m)
19 (N2)	25.83a	26 (N2P2K1)	23.67abc	11 (N1K1)	20.57abc
23 (N2P1K1)	25.79a	10 (N1)	23.19abc	14 (N1P1K1)	20.38abc
25 (N2P2)	25.77a	22 (N2P1)	22.71abc	7 (P2)	20.14abc
27 (N2P2K2)	25.73a	3 (K2)	22.25abc	6 (P1K2)	20.13abc
20 (N2K1)	25.44ab	16 (N1P2)	22.16abc	1 (T)	20.07abc
24 (N2P1K2)	25.21ab	13 (N1P1)	21.67abc	2 (K1)	19.71abc
21 (N2K2)	24.88abc	18 (N1P2K2)	21.63abc	9 (P2K2)	18.25abc
17 (N1P2K1)	24.63abc	8 (P2K1)	20.83abc	5 (P1K1)	17.72c
12 (N1K2)	24.01abc	15 (N1P1K2)	20.64abc	4 (P1)	17.59c

les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%

Ces résultats montrent qu'à 18 mois, il existe une différence de 2.58 m de hauteur (+33%) et 5.76 cm de circonférence (+29 %) entre le meilleur traitement (N2) et le témoin. D'autre part la différence est de 3.66 m de hauteur (+54 %) et de 8.24 cm en circonférence (+47%) entre N2 et le plus mauvais traitement P1.

Dans ce classement, il apparaît aussi que 4 traitements fertilisés (K1, P1, P2K2 et P1K1) présentent des productions inférieures à celles du témoin.

*** Analyse factorielle** : décomposition factorielle des effets traitements

L'analyse met en évidence des effets principaux N et P significatifs. Aucune interaction ne s'est révélée par contre significative.

Cet essai confirme que l'azote est l'élément prépondérant pour la croissance des eucalyptus (cf fig.1a et 1b). Il apparaît que plus la dose d'azote est forte et plus la croissance est importante. Ainsi à 18 mois, la différence moyenne entre les traitements ayant reçu 1 dose d'azote (respectivement 2) et pas d'azote est de 1.1 m (respectivement 2.1 m) sur la hauteur et de 2.7 cm (respectivement 5.2 cm) sur la circonférence.

Fig 1a : Croissance en hauteur des clones en fonction des doses d'azote apportées

0= ensemble des traitements n'ayant pas reçu d'azote
 1N = ensemble des traitements ayant reçu une dose d'azote
 2N = ensemble des traitements ayant reçu deux doses d'azote

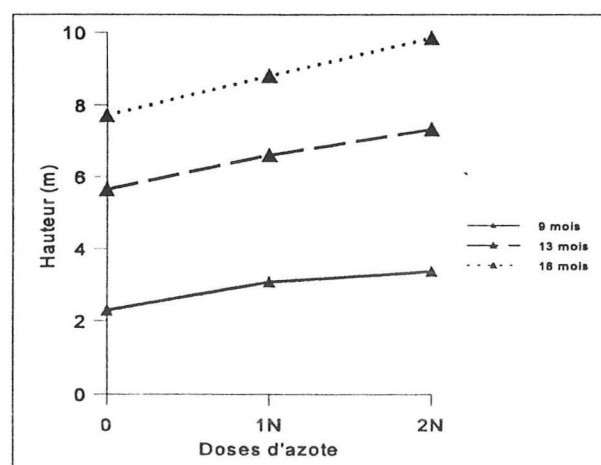
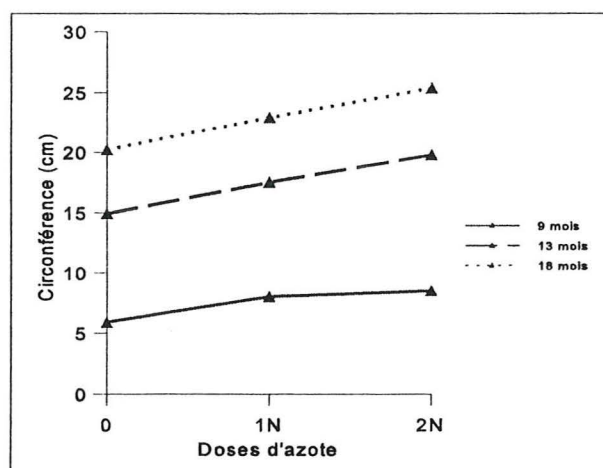


Fig. 1b : Croissance en circonférence des clones en fonction des doses d'azote apportées

0= ensemble des traitements n'ayant pas reçu d'azote

1N = ensemble des traitements ayant reçu une dose d'azote

2N = ensemble des traitements ayant reçu deux doses d'azote



À l'inverse de N, le phosphore joue un rôle dépressif sur la croissance (cf figures 2a et 2b). À 18 mois, la différence moyenne entre les traitements ayant reçu 1 dose de P (respectivement 2) et pas de P est de -0.86 m (respectivement -0.28 m) sur la hauteur et de -1.51 cm (respectivement -0.52 cm) sur la circonférence.

Fig. 2a : Croissance en hauteur des clones en fonction des doses de phosphore apportées.

0= ensemble des traitements n'ayant pas reçu de phosphore

1P = ensemble des traitements ayant reçu une dose de phosphore

2P = ensemble des traitements ayant reçu deux doses de phosphore

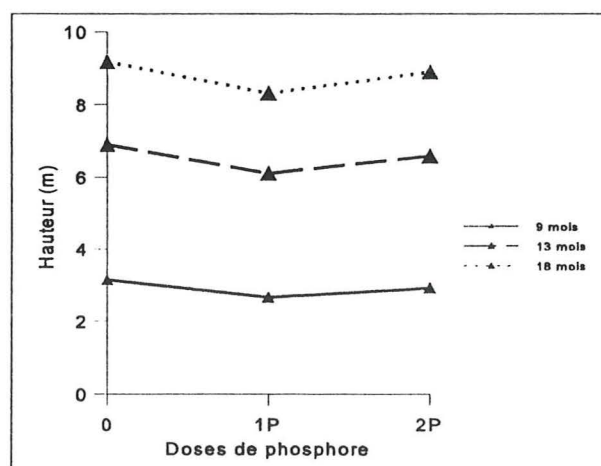
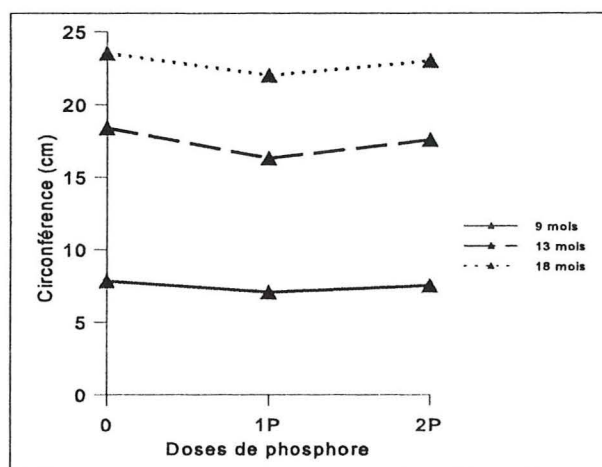


Fig. 2b : Croissance en circonférence des clones en fonction des doses de phosphore apportées.

0= ensemble des traitements n'ayant pas reçu de phosphore
 1P = ensemble des traitements ayant reçu une dose de phosphore
 2P = ensemble des traitements ayant reçu deux doses de phosphore



Comme l'indique l'analyse statistique, l'apport du potassium n'a pratiquement pas d'effet sur la croissance des *E. urophylla x grandis*, (figures 3a et 3b).

Fig. 3a : Croissance en hauteur des clones en fonction des doses de potassium apportées.

0= ensemble des traitements n'ayant pas reçu de potassium
 1K = ensemble des traitements ayant reçu une dose de potassium
 2K = ensemble des traitements ayant reçu deux doses de potassium

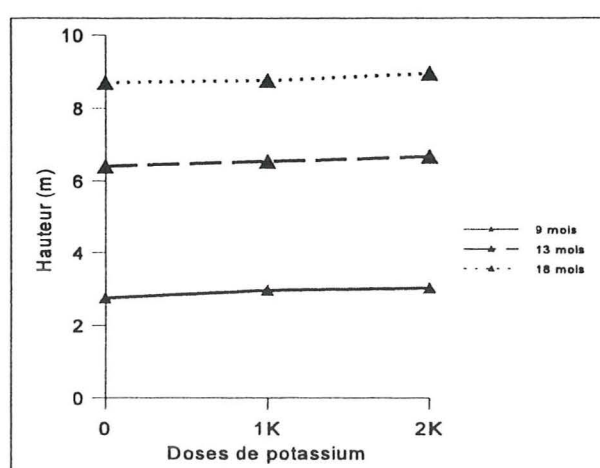
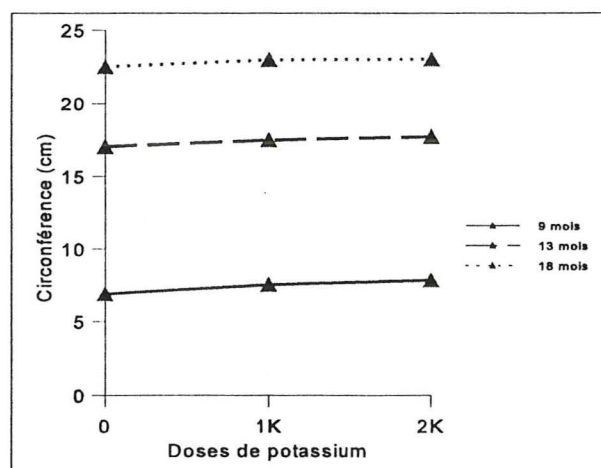


Fig. 3b : Croissance en circonférence des clones en fonction des doses de potassium apportées.

0= ensemble des traitements n'ayant pas reçu de potassium
 1K = ensemble des traitements ayant reçu une dose de potassium
 2K = ensemble des traitements ayant reçu deux doses de potassium



CONCLUSION

Cet essai confirme le rôle essentiel que joue l'azote dans les conditions édaphiques de Pointe-Noire : le supplément de croissance des arbres par rapport au témoin est pratiquement proportionnelle aux doses d'azote apportées. Selon toute vraisemblance, la dose de 150 g d'ammonitrate par plant ($\sim 50 \times 10^{-3}$ UF) ne correspond pas à l'optimum. Des doses supérieures devraient induire une croissance initiale plus forte des clones d'*E. urophylla x grandis* en replantation.

Il est très important de mettre en parallèle ce résultat avec les quantités d'azote requises dans le cadre d'une plantation avec les hybrides naturels ($\sim 25 \times 10^{-3}$ UF/plant).

Ces résultats sont cohérents avec les premiers bilans de fertilités établis (LACLAU, 1999) faisant apparaître pour N un très fort déséquilibre de l'écosystème (-110 kg/ha de N à la fin de la première rotation de futaie).

L'apport du phosphore se révèle quant à lui dépressif, celui du potassium n'ayant pratiquement pas d'effet.

Ces résultats tendent à remettre en cause la formulation actuellement utilisée. Il est sans doute trop tôt pour affirmer qu'un engrais ternaire n'est pas la meilleure option. Cependant, l'équilibre de la formulation est certainement à réexaminer rapidement, la proportion d'azote devant être selon toute vraisemblance à augmenter, au moins dans le cas de la fertilisation starter.

Références bibliographiques

Laclau J.P., Ranger J., Nzila J.D. and Bouillet J.P., 1999 : Study of biochemical cycles in a mature stand of eucalypt and an adjacent savanna in Congo ; Proceedings Third workshop : Site management and productivity in tropical forest plantation, 7-8 december 1999, Kerala, Inde.

Roux J., 1998 : Investigation into the diseases of plantation *Eucalyptus* at Pointe -Noire, 18-24 june 1998, Confidential report to Unité de Recherche sur la Productivité des plantations Industrielles and Eucalyptus du Congo s.a, 87 p.

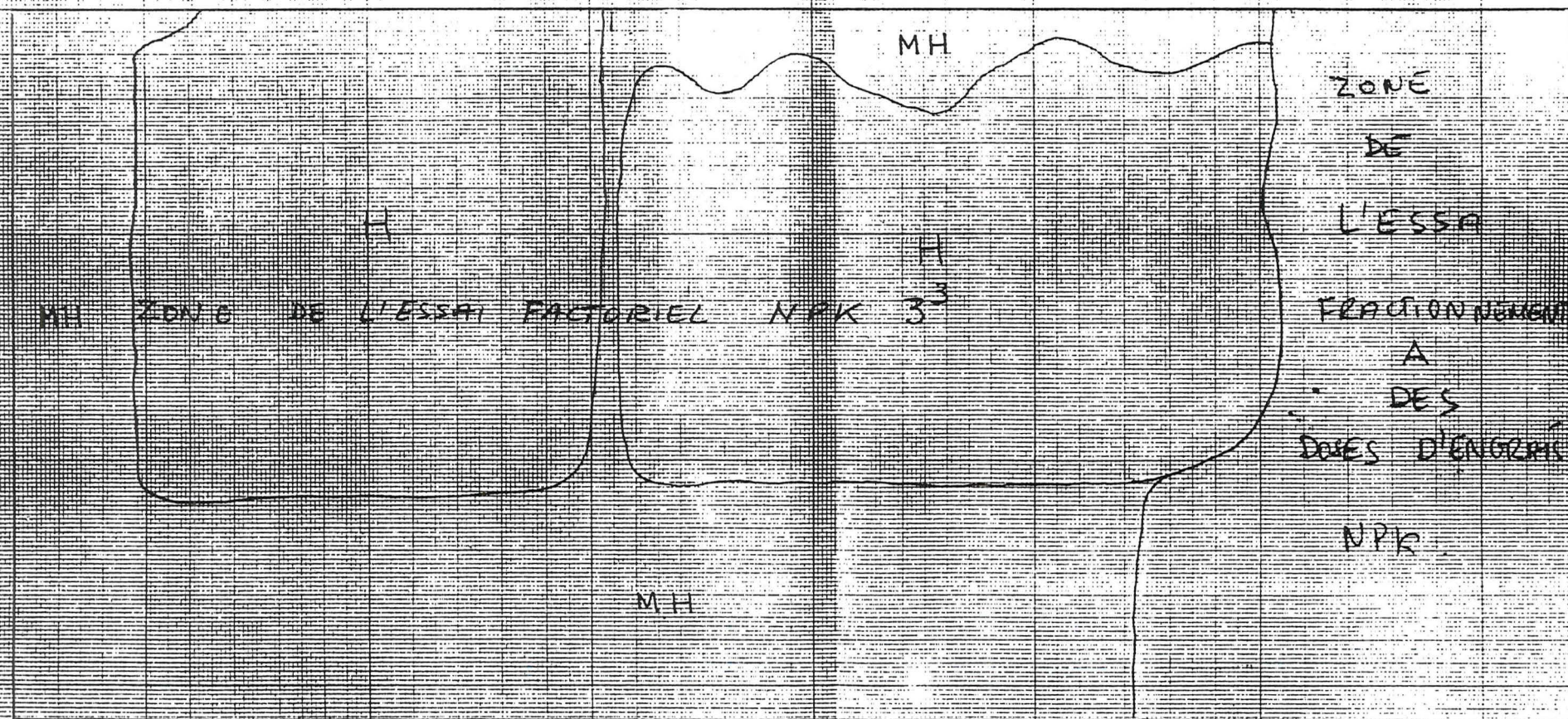
SAS, 1998 : SAS/STAT User's guide. Release 6.03 edition. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1028p.

Annexes

0 40m

REPARTITION DES ESPECES ARBUSTIVES ET HERBEUSES SUR LA ZONE A REPLANTER

A : Zone arbustive
H : Zone herbeuse
MH : Zone moyennement
herbeuse (zone mixte)

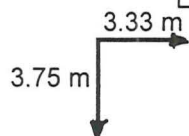




ESSAI FACTORIEL NPK 3³

BLOC IV (18-69)				BLOC III (18-65)				BLOC II (18-52)				BLOC I (1-41)			
T3	T19	T22	T17	T24	T16	T2	T21	T4	T15	T26	T11	T14	T27	T5	T21
T21	T13	T7	T20	T22	T7	T23	T3	T18	T1	T17	T5	T12	T9	T25	T2
T26	T15	T12	T10	T17	T12	T25	T19	T8	T3	T16	T21	T23	T8	T16	T26
T18	T1	T4	T23	T11	T8	T4	T15	T23	T10	T12	T27	T10	T3	T24	T15
T16	T27	T5	T25	T9	T13	T6	T18	T14	T19	T24	T9	T6	T22	T4	T11
T24	T2	T14	T9	T26	T20	T14	T27	T2	T22	T6	T13	T20	T17	T13	T18
	T6	T11	T8		T10	T5	T1		T20	T25	T7		T19	T1	T7
116.5 m (36 lignes)				488.5m (144 lignes + pare-feu de 7.5 mètres entre les blocs											

232.5m (63 lignes)



Labour croisé : 24-25/11/97

Trouaison : 5/12/97

Parcelle élémentaire : 9 * 9 plants (0.1 ha);

Parcelle utile : 5 * 5 plants (0.03 ha)

Écartement : 3.75 m x 3.33 m

Plantation : bloc II - 24/12; bloc III et IV - 23/12/97 ; bloc I - 27/01/98

Date d'apport d'engrais : bloc II - 19/01; bloc III et IV - 20/01/98 ; bloc I - 23/02/98

Surface totale de l'essai : 11 ha.